

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-311904

(P2001-311904A)

(43) 公開日 平成13年11月9日 (2001.11.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 2 B	27/02	G 0 2 B	27/02
	5/18		5/18
	5/30		5/30
	5/32		5/32
	17/08		17/08
			Z
			2 H 0 4 9
			2 H 0 8 7
			2 H 0 8 8
			2 K 0 0 8
			Z
			5 G 4 3 5

審査請求 未請求 請求項の数43 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-131482 (P2000-131482)

(22) 出願日 平成12年4月28日 (2000. 4. 28)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 大高 圭史

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 須藤 貴士

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(74) 代理人 100067541

弁理士 岸田 正行 (外2名)

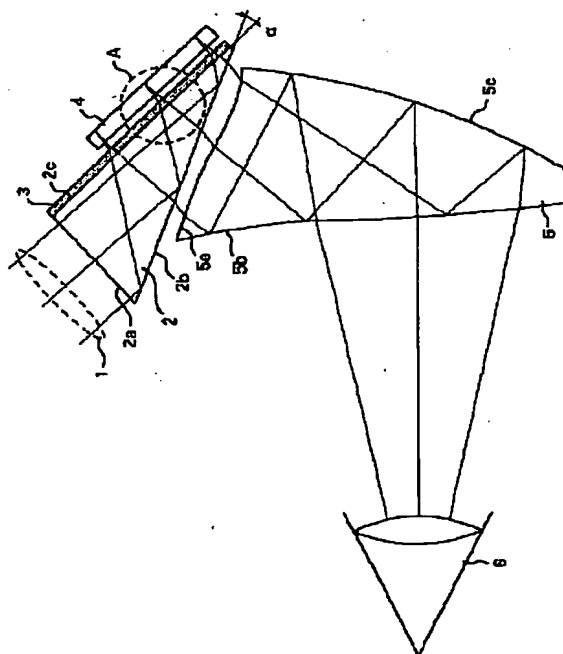
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像表示装置および画像表示システム

(57) 【要約】

【課題】 反射型画像表示素子を用いた画像表示装置において、装置の大型化や表示画像のコントラスト低下が問題となっている。

【解決手段】 照明光1 (1 a) を発する光源と、入射した照明光1の内部反射により画像を表示する反射型画像表示素子4と、この反射型画像表示素子に表示された画像を観察者の眼に投写する投写光学系5と、光源から入射した照明光を反射型画像表示素子の画像光射出側に入射させるよう導くとともに、この反射型画像表示素子から射出した画像光 (1 b) を投写光学系に入射させる導光光学系2とを有する画像表示装置において、導光光学系のうち、光源から反射型画像表示素子に至る照明光が通り、かつ反射型画像表示素子から投写光学系に至る画像光が通る領域に、微細な周期構造を有して照明光および画像光に及ぼす光学的作用が異なる光学素子3を配置する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明光を発する光源と、入射した照明光の内部反射により画像を表示する反射型画像表示素子と、この反射型画像表示素子に表示された画像を観察者の眼に投写する投写光学系と、前記光源から入射した照明光を前記反射型画像表示素子の画像光射出側に入射させるよう導くとともに、この反射型画像表示素子から射出した画像光を前記投写光学系に入射させる導光光学系とを有する画像表示装置において、前記導光光学系のうち、前記光源から前記反射型画像表示素子に至る照明光が通り、かつ前記反射型画像表示素子から前記投写光学系に至る画像光が通る領域に、微細な周期構造を有し、前記照明光および前記画像光に及ぼす光学的作用が異なる光学素子を配置したことを特徴とする画像表示装置。

【請求項2】 照明光を発する光源と、入射した照明光の内部反射により画像を表示する反射型画像表示素子と、この反射型画像表示素子に表示された画像を観察者の眼に投写する投写光学系と、前記光源から入射した照明光を前記反射型画像表示素子の画像光射出側に入射させるよう導くとともに、この反射型画像表示素子から射出した画像光を前記投写光学系に入射させる導光光学系とを有する画像表示装置において、前記光源から前記反射型画像表示素子に至る照明光が通り、かつ前記反射型画像表示素子から前記投写光学系に至る画像光が通る領域に、微細な周期構造を有し、前記照明光および前記画像光に及ぼす光学的作用が異なる光学素子を前記導光光学系として配置したことを特徴とする画像表示装置。

【請求項3】 前記光学素子に対する前記照明光の入射角度と前記画像光の入射角度とが異なることにより、前記光学素子の前記照明光および前記画像光に及ぼす光学的作用が異なることを特徴とする請求項1又は2に記載の画像表示装置。

【請求項4】 前記光学素子に対する前記照明光の入射角度 $\theta 1$ と前記画像光の入射角度 $\theta 2$ とが、 $|\theta 1| > |\theta 2|$ の関係を満たすことを特徴とする請求項3に記載の画像表示装置。

【請求項5】 前記光学素子に入射する前記照明光の偏光方向と前記画像光の偏光方向とが異なることにより、前記光学素子の前記照明光および前記画像光に及ぼす光学的作用が異なることを特徴とする請求項1又は2に記載の画像表示装置。

【請求項6】 前記光学素子が前記導光光学系における前記照明光の射出位置であって、かつ前記導光光学系における前記画像光の入射位置となる領域に配置されており、前記光学素子は、前記照明光に対して所定の強さの回折作用を及ぼしてこの照明光を透過させ、前記画像光に対

して前記所定の強さよりも弱い回折作用を及ぼして若しくは回折作用を及ぼさずにこの画像光を透過させることを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。

【請求項7】 前記光学素子に対する前記照明光の入射角度 $\theta 1$ とこの光学素子の回折作用を受けて透過する前記照明光の前記反射型画像表示素子に対する入射角度 β とが、 $|\theta 1| > |\beta|$

の関係を満たすことを特徴とする請求項6に記載の画像表示装置。

【請求項8】 前記導光光学系は、前記照明光を、前記光学素子とは別の反射面で反射させ、前記光学素子を通して前記反射型画像表示素子に入射させることを特徴とする請求項6又は7に記載の画像表示装置。

【請求項9】 前記光学素子が前記導光光学系における前記照明光の入射位置から射出位置までの光路中であって、前記導光光学系における前記画像光の射出位置となる領域に配置されており、前記光学素子は、前記導光光学系に入射した前記照明光に対して反射回折作用を及ぼしてこの照明光を前記導光光学系から射出させ、前記画像光を透過させることを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。

【請求項10】 前記導光光学系としての前記光学素子が、入射した前記照明光に対して反射回折作用を及ぼしてこの照明光を前記反射型画像表示素子に入射させ、前記画像光を透過させることを特徴とする請求項2に記載の画像表示装置。

【請求項11】 前記光学素子に対する前記照明光の入射角度 $\theta 3$ とこの光学素子の反射回折作用を受けて前記反射型画像表示素子に向かう反射角度 $\theta 4$ とが、 $|\theta 3| > |\theta 4|$ の関係を満たすことを特徴とする請求項9又は10に記載の画像表示装置。

【請求項12】 前記光学素子が前記導光光学系における前記照明光の入射位置から射出位置までの光路中であって、前記導光光学系における前記画像光の射出位置となる領域に配置されており、前記光学素子は、前記導光光学系に入射した前記照明光に対して全反射作用および回折作用を及ぼしてこの照明光を前記導光光学系から射出させ、前記画像光を透過させることを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。

【請求項13】 前記導光光学系としての前記光学素子が、入射した前記照明光に対して全反射作用および回折作用を及ぼしてこの照明光を前記反射型画像表示素子に入射させ、前記画像光を透過させることを特徴とする請求項2に記載の画像表示装置。

【請求項14】 前記光学素子に対する前記照明光の入射角度 $\theta 3$ とこの光学素子の反射回折作用を受けて前記反射型画像表示素子に向かう反射角度 $\theta 4$ とが、 $|\theta 3| > |\theta 4|$

の関係を満たすことを特徴とする請求項12又は13に記載の画像表示装置。

【請求項15】 前記光学素子が、体積ホログラム素子により構成されていることを特徴とする請求項1から14のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項16】 前記光学素子が、複数の体積ホログラム素子を積層して構成されていることを特徴とする請求項1から15のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項17】 前記光学素子が、レリーフ型回折素子により構成されていることを特徴とする請求項1から14のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項18】 前記レリーフ型回折素子が、レリーフ構造を挟む2つの層を有して構成されていることを特徴とする請求項17に記載の画像表示装置。

【請求項19】 前記2つの層が互いに異なる光学特性を有することを特徴とする請求項18に記載の画像表示装置。

【請求項20】 前記2つの層のうち少なくとも一方は複屈折性を有することを特徴とする請求項19に記載の画像表示装置。

【請求項21】 前記2つの層が互いに同じ光学特性を有することを特徴とする請求項18に記載の画像表示装置。

【請求項22】 前記2つの層の間に間隙が形成されていることを特徴とする請求項21に記載の画像表示装置。

【請求項23】 前記2つの層の間に、所定方向の偏光を主として反射し、前記所定方向に直交する方向の偏光を主として透過させる偏光分離層が形成されていることを特徴とする請求項21に記載の画像表示装置。

【請求項24】 前記反射型画像表示素子が、反射型の光変調素子により構成されていることを特徴とする請求項1から23のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項25】 前記反射型光変調素子が、入射した光の反射方向を変化させることが可能なものであることを特徴とする請求項24に記載の画像表示装置。

【請求項26】 前記反射型画像表示素子が、反射型の液晶表示素子であることを特徴とする請求項1から23のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項27】 前記光学素子に入射する照明光が、主として特定方向の偏光を含むことを特徴とする請求項1から24および26のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項28】 前記光源と前記光学素子との間に、前記光源から発せられた照明光から前記特定方向の偏光を生成する偏光素子を有することを特徴とする請求項27に記載の画像表示装置。

【請求項29】 請求項5に記載の画像表示装置であって、前記光源と前記光学素子との間に、前記光源から発せられた照明光から前記光学素子とは別の反射作用面に対してS偏光となる偏光を生成する偏光素子を有するこ

とを特徴とする画像表示装置。

【請求項30】 請求項5に記載の画像表示装置であって、

前記光源と前記光学素子との間に、前記光源から発せられた照明光から前記光学素子の反射作用面に対してS偏光となる偏光を生成する偏光素子を有することを特徴とする画像表示装置。

【請求項31】 前記光源が、発光ダイオードにより構成されていることを特徴とする請求項1から30のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項32】 前記光源が、複数の波長帯域の光を個別に発光するものであることを特徴とする請求項1から31のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項33】 前記光源が複数の波長帯域の光を個別に発光するものである請求項16に記載の画像表示装置であって、前記複数の体積ホログラム素子が、前記複数の波長帯域に対応して設けられていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項34】 請求項8に記載の画像表示装置であって、前記光学素子と別の反射作用面は、前記照明光を全反射させることを特徴とする画像表示装置。

【請求項35】 請求項9に記載の画像表示装置であって、前記光学素子は、前記照明光を全反射させることを特徴とする画像表示装置。

【請求項36】 前記投写光学系は、非回転対称形状を有する少なくとも1つの光学作用面を有することを特徴とする請求項1から35のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項37】 前記投写光学系は、前記画像光を入射させる入射面と、前記画像光を射出する射出面と、前記入射面から入射した画像光を前記射出面に導く少なくとも1つの反射面を有することを特徴とする請求項1から36のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項38】 前記投写光学系は、前記入射面、前記射出面および前記反射面で囲まれる領域が媒質で満たされたプリズム状に形成されていることを特徴とする請求項37に記載の画像表示装置。

【請求項39】 前記反射面のうち少なくとも一部において前記画像光が全反射されることを特徴とする請求項37又は38に記載の画像表示装置。

【請求項40】 前記反射面のうち前記画像光が全反射される部分と前記射出面とが滑らかに連続する面として形成されていることを特徴とする請求項39に記載の画像表示装置。

【請求項41】 前記滑らかに連続する面において前記画像光が全反射される領域と前記画像光が射出する領域の少なくとも一部が相互に重なり合っていることを特徴

とする請求項40に記載の画像表示装置。

【請求項42】 請求項1から41のいずれかに記載の画像表示装置と、この画像表示装置に対して前記反射型画像表示素子に表示させる画像情報を供給する画像情報出力装置とを有して構成されることを特徴とする画像表示システム。

【請求項43】 前記画像情報出力装置が、パーソナルコンピュータ又はDVDプレーヤーであることを特徴とする請求項42に記載の画像表示システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ヘッドマウントディスプレイ（以下、HMDと称する）などの画像表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、HMDなどにおいては、装置全体を小型化するための光学系が種々考案されている。例えば、特開平7-333551号公報においては、回転対称軸を持たない所謂自由曲面により構成されたプリズム形状の光学素子により画像表示手段の表示面の画像を拡大像として表示する。このようなプリズム形状の光学素子を用いることにより、非常にコンパクトでかつ簡単な構成で、像の歪み（ディストーション）、像面湾曲、非点収差を良好に補正し、また画像表示手段として液晶を用いる場合に必要となる液晶表示面に対するテレセントリック性の条件を満たしている。

【0003】ところが、画像表示手段として透過型の液晶ディスプレイパネルを用いる場合、透過型液晶ディスプレイパネルはTFTの存在により画素開口が小さく、画素の粒状性が目立つという欠点を有している。このため、ビデオやTVなどの動画の他に、パソコンやDVDといったより高精細の画像を表示する場合に好ましくない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような現状に対して、画素開口が大きくできる反射型液晶ディスプレイパネルを用いることにより、高精細で粒状性のない画像を得ることができる。現在提案されている反射型液晶ディスプレイパネルを用いた画像表示装置としては、例えば特開平11-125791号公報にて提案されているものがある。この公報提案の画像表示装置では、本願図16に示すように、光源101からの光線を光学素子を介することなしに直接、反射型液晶ディスプレイパネル102に向けることでこの液晶ディスプレイパネル102を照明し、その反射画像をプリズム形状の偏心光学系103によって観察者に拡大虚像として視認させる。

【0005】しかしながら、上記公報提案の画像表示装置においては、光源101からの光を直接、液晶ディスプレイパネル102に向けて照明しているため、照明光と液晶ディスプレイパネル102の光軸とのなす角が大

きくなり、表示装置全体が大型化するという欠点を有している。

【0006】また、ディスプレイパネルとして反射型液晶を用いる場合は、液晶の照明光の入射角度が大きくなるに従い、表示される像のコントラストが低下するという問題がある。

【0007】さらに、液晶ディスプレイパネル102が偏心光学系103に対して大きく傾くので、偏心光学系103から液晶ディスプレイパネル102までの距離がパネル面内の場所によって大きく異なり、光学性能を全画面にわたって良好に維持することが困難であるという欠点もある。

【0008】また、別の画像表示装置として、本願図17に示すように、プリズム形状の偏心光学系103に対して反射型液晶ディスプレイパネル102の反対の側に光源101を設け、偏心光学系103内を通して、反射型液晶ディスプレイパネル102を照明するものが提案されている。

【0009】しかしこのような構成では、光源101からの照明光がプリズム形状の偏心光学系103の各面で反射され、迷光となって観察者の眼に入るため、ゴーストやフレアが発生しやすいという問題がある。

【0010】そこで本発明は、極めてシンプルな構成でありながら、諸収差が良好に補正され、広画角であり、かつ画質を劣化させるゴーストやフレアが発生しない画像表示装置であって、特にパソコン画像などの高精細な画像に対応した反射型ディスプレイパネルを用いた小型の画像表示装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明では、照明光を発する光源と、入射した照明光の内部反射により画像を表示する反射型画像表示素子と、この反射型画像表示素子に表示された画像を観察者の眼に投写する投写光学系と、光源から入射した照明光を反射型画像表示素子の画像光射出側に入射させるよう導くとともに、この反射型画像表示素子から射出した画像光を投写光学系に入射させる導光光学系とを有する画像表示装置において、導光光学系のうち、光源から反射型画像表示素子に至る照明光が通り、かつ反射型画像表示素子から投写光学系に至る画像光が通る領域に、微細な周期構造を有し、照明光および画像光に及ぼす光学的作用が異なる光学素子を配置している。

【0012】また、光源から反射型画像表示素子に至る照明光が通り、かつ反射型画像表示素子から投写光学系に至る画像光が通る領域に、微細な周期構造を有し、照明光および前記画像光に及ぼす光学的作用が異なる光学素子を上記導光光学系として配置している。

【0013】具体的には、上記光学素子として、光の入射角度や光の偏光方向に応じて光学的作用が異なるもの、例えば照明光を強く回折させて透過させるが画像光

をほとんど回折させずに透過させるものや、照明光を反射回折させるが画像光をほとんど回折させずに透過させるものを用いる。

【0014】これにより、導光光学系において簡単な構成で効率良く反射型画像表示素子を照明するための照明光の制御を行うことが可能となり、この結果、投写光学系を通じて高品位の画像表示を行うことが可能となる。しかも、上記光学素子を含む導光光学系内にて光源からの照明光を反射させて反射型画像表示素子に導くようにすることにより、反射型画像表示素子と投写光学系の入射面との傾き（距離差）を小さくすることが可能となり、小型で像性能が良好な画像表示装置を実現することが可能となる。

【0015】また、上記のような光学素子を用いることにより、光学素子への照明光の入射角度にかかわらずこの光学素子から反射型画像表示素子への照明光の入射角度を容易に制御できるため、入射角度依存性の高い反射型画像表示素子を用いる場合でも表示画像のコントラスト低下を抑えることが可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】（第1実施形態）図1には、本発明の第1実施形態である画像表示装置を示している。図1において、1は不図示の光源からの照明光、2は光源からの光1を受ける照明プリズム、3は照明プリズム2とともに導光光学系を構成するホログラム素子（光学素子）、4は反射型光変調素子（反射型画像表示素子）、5はプリズムレンズ（投写光学系）、6は観察者の目をそれぞれ示している。

【0017】光源は明示されていないが、蛍光管、発光ダイオード（LED）、レーザーダイオード（LD）、エレクトロルミネセンス（EL）等、既存の発光体及び必要に応じて発光体と照明プリズム2との間に設けられた光学系等で構成されている。

【0018】照明プリズム2は3つの面2a、2b、2cを有するプリズム体であり、ホログラム素子3が面2cに近接して又は一体化されて設けられている。ホログラム素子3としては、特に体積ホログラム素子が好適である。

【0019】反射型光変調素子4は、不図示のパソコンやDVDプレーヤーといった画像情報出力装置の信号処理回路から供給される画像信号に応じ、入射した光を変調して画像を生成するもの、例えば一次元又は二次元に配列された回動可能な微小ミラーを有し、入射光の反射方向を変えて変調するもの、光の拡散性を変えて変調するもの等が用いられる。なお、上記画像情報出力装置と本実施形態の画像表示装置により画像表示システムが構成される。

【0020】プリズムレンズ5は、3つの面5a、5b、5cを有するプリズム体であり、このうち少なくとも1つの面は回転対称軸を持たない所謂自由曲面であ

る。なお、同様のプリズムレンズは、特開平7-333551号公報、特開平8-50256号公報、特開平8-234136号公報、特開平8-234137号公報等において本出願人が提案している。

【0021】以上のように構成された画像表示装置において、光源からの照明光1は照明プリズム2の面2aから照明プリズム2に入射し、面2bにより反射された後、面2c上に設けられたホログラム素子3で回折され、反射型光変調素子4を照明する。反射型光変調素子4により変調、反射された光（画像光）はホログラム素子3、照明プリズム2の面2c、2bを経てプリズムレンズ5の面5aからプリズムレンズ5に入射する。そして、画像光は面5b、5cで反射され、面5bより射出して観察者の目6に達する。

【0022】すなわち、本実施形態においては、ホログラム素子3と反射面である面2bは、光源から反射型光変調素子4に至る照明光の光路と、反射型光変調素子4から観察者に至る画像光の光路の双方が通る領域に配置されている。なお、プリズムレンズ5の面5cには、金属又は誘電体の反射膜を設けてもよく、一方、面5bでの反射は全反射とすることが望ましい。

【0023】ここで、画像光が面5bで反射される際、その反射領域の少なくとも一部で全反射される構成とすることが光量の損失を少なくする上で望ましい。また、図1より明らかなように、面5bにおいて画像光が反射される領域と同光が透過する領域は滑らかに連続する面として形成されており、その少なくとも一部が相互に重なり合っている。

【0024】また、上記照明光の経路において、光源からの照明光1を照明プリズム2の面2bで一度反射させているのは、光路を折りたたむことにより照明プリズム2を小型化し、プリズムレンズ5の面5aに対する反射型光変調素子4の傾斜を小さくし、両者を出来るだけ近接配置するためである。そして、面2bでの反射は、全反射とすることが光量損失を少なくする上で望ましい。また、面2bのうち、反射型光変調素子4からの光が透過しない領域において全反射条件が満たされない場合は、その領域に金属や誘電体の反射膜を形成してもよい。

【0025】以下、ホログラム素子3の機能を説明する。図2には、図1のホログラム素子3付近の破線で囲まれたA部を拡大表示している。この図において、光源から反射型光変調素子4に至る照明光1のうち照明プリズム2の面2bで反射した光1aは、ホログラム素子3に角度 θ_1 で入射する。一方、反射型光変調素子4から観察者の目6に至る画像光のうちホログラム素子3に入射する光1bは、 θ_1 とは異なる入射角度 θ_2 を有している。

【0026】ホログラム素子3を体積ホログラムで構成した場合、特有の角度選択性を付与することが可能であ

る。すなわち、特定の入射角度の光に対してのみ強い回折作用を示し、それと異なる入射角度の光に対してはほとんど回折光が生じない特性を持たせることができる。

本実施形態では、

$$|\theta 1| > |\theta 2| \quad \dots (1)$$

として、 $\theta 1$ に近い入射角度の光に対する回折効率を高くするようにホログラム素子3が作製されている。

【0027】なお、ホログラム素子の特性は全面に渡って均一である必要はなく、光の入射位置における入射角の違いに応じて特性を不均一としてもよい。

【0028】本実施形態のように、 $\theta 1$ を大きく設定可能であれば、図1の照明プリズム2の面2bと面2cとのなす角度 α を小さくすることができ、装置の小型化を図ることができる。

【0029】但し、照明プリズム2の面2bと面2cとのなす角度 α は20度以下であることが望ましい。これを越えると反射型光変調素子4のプリズムレンズ5に対する傾きが大きくなり、全画面にわたって像面湾曲、歪曲、非点隔差等の光学性能を良好に維持することが困難となり、また広画角化や瞳の拡大またはアイレリーフの伸長が困難となるためである。

【0030】さらに、図2に示すように、ホログラム素子3の回折作用により、ホログラム素子3への照明光1aの入射角度 $\theta 1$ が大きくても、反射型光変調素子4への照明光1aの入射角度 β を小さくすることができる。

(反射型光変調素子4に対してへほぼ垂直に入射させることができる)。このため、入射角度依存性が高い反射型光変調素子を用いても、表示画像のコントラストの低下を抑えることができる。

【0031】(第2実施形態)図3には、本発明の第2実施形態である画像表示装置を示している。図3において、第1実施形態と同一の機能を有する構成要素には第1実施形態と同符号を付している。

【0032】本実施形態は、画像表示手段として反射型液晶表示素子42を用い、その前面に所定の偏光光のみを透過させる偏光素子7を配置した点で第1実施形態と異なる。32は第1実施形態と同様に角度選択性のあるホログラム素子である。

【0033】本実施形態の反射型液晶表示素子42は各画面が電圧無印加時に暗状態となるモード(ノーマリブラックモード)で使用されるもので、反射型液晶表示素子42の入射側の偏光子と射出側の検光子とを1つの偏光素子7で兼用したものである。

【0034】反射型液晶表示素子42は、不図示のパソコンやDVDプレーヤーといった画像情報出力装置の信号処理回路から供給される画像信号に応じて画像を表示する(以下の実施形態でも同様である)。なお、上記画像情報出力装置と本実施形態の画像表示装置により画像表示システムが構成される。

【0035】本実施形態の画像表示装置では、光源から

の照明光1は照明プリズム2によりホログラム素子32に導かれる。ホログラム素子32に入射した照明光は回折され、偏光素子7に達し、所定の方向、例えば図の紙面に垂直な方向の偏光光のみが透過し、反射型液晶表示素子42を照明する。反射型液晶表示素子42で変調、反射された光(画像光)は再び偏光素子7に入射し、紙面に垂直な方向の偏光成分のみが透過し、ホログラム素子32に再び入射する。

【0036】第1実施形態と同様に、反射型液晶表示素子42側からホログラム素子32に入射する画像光の入射角度は、プリズムレンズ2側から入射する照明光1の入射角度と異なるため、回折作用を受けることなくホログラム素子32をそのまま透過し、プリズムレンズ5に入射する。以下、第1実施形態の画像表示装置と同様にして画像光が観察者の目6に達する。

【0037】本実施形態では、画像表示手段として反射型液晶表示素子42を用いているが、ホログラム素子32における光の入射角度に対する角度選択性を利用しては第1実施形態と同様である。

【0038】なお、反射型液晶表示素子としては、TN(ツイステッドネマティック)液晶が好適であるが、その他STN(スーパーツイステッドネマティック)液晶、強誘電液晶、反強誘電液晶等といった液晶を用いてもよい。また、TFEの構成としては、アモルファスシリコン、ポリシリコン等が、基板としてはガラス、石英、単結晶シリコン等を用いたものが使用可能である。以下で説明する他の実施形態で用いられる反射型液晶表示素子も同様である。

【0039】本実施形態でも、第1実施形態と同様に、ホログラム素子32に対する照明光の入射角度を大きく設定できるため、照明プリズム2の面2bと面2cとのなす角度を小さくすることができ、装置の小型化を図ることができる。

【0040】さらに、ホログラム素子32の回折作用により、ホログラム素子32への照明光1の入射角度が大きくても、反射型液晶表示素子42への照明光1の入射角度を小さくすることができる(反射型液晶表示素子42に対してへほぼ垂直に入射させることができる)ため、反射型液晶表示素子42の入射角度依存性が高くても、表示画像のコントラストの低下を抑えることができる。

【0041】(第3実施形態)図4には、本発明の第3実施形態である画像表示装置を示している。図4において、上記各実施形態と同一の機能を有する構成要素にはこれら実施形態と同符号を付している。

【0042】本実施形態においては、画像表示素子として反射型液晶表示素子43を用い、照明プリズム2の入射面2aの前側に第1の偏光素子8を、また照明プリズム2とプリズムレンズ5との間に第2の偏光素子9を設けている。第1の偏光素子8は、図4の紙面に垂直な方

向の偏光光（S偏光光）を、第2の偏光素子9はこれと直交する方向の偏光光（P偏光光）を透過する偏光選択性を有するものである。

【0043】反射型液晶表示素子43は、各画素が電圧無印加時に明状態となるモード（ノーマリホワイトモード）で使用されるものである。

【0044】また、ホログラム素子33は、入射するS偏光光に対して強い回折作用を有し、これと直交するP偏光光に対してはほとんど回折作用を及ぼさない特性を持つものである。

【0045】本実施形態の画像表示装置では、光源からの照明光1は第1の偏光素子8によりS偏光光1Sのみとなり、照明プリズム2の面2aを透過し、面2bにより反射された後、面2c上に設けられたホログラム素子33に入射する。ホログラム素子33は前述の通りS偏光光に対してのみ強い回折作用を有するため、S偏光光1Sは回折されて反射型液晶表示素子43に入射する。

【0046】そして液晶表示素子43で反射され、射出した画像光1SPは、再度ホログラム素子33に達する。この画像光1SPは反射型液晶表示素子43による変調を受け、各画素が表示すべき明るさに応じて偏光方向が回転した光であり、PおよびSの偏光成分を有している。

【0047】この画像光1SPのうち画像形成に寄与するP偏光成分は、ホログラム素子33による回折作用をほとんど受けないため、ホログラム素子33をそのまま透過して照明プリズム2の面2c、2bを経て第2の偏光素子9に達する。第2の偏光素子9もP偏光光をそのまま透過させるため、画像光としてのP偏光光はプリズムレンズ5を経て、観察者の目6に達する。

【0048】一方、画像光1SPに含まれるS偏光成分はホログラム素子33で回折された後、照明プリズム2に面2cより入射し、面2bで反射されるか、または透過して第2の偏光素子9に達して吸収される。このため、プリズムレンズ5に入射することがなく、表示画像に影響を及ぼさない。

【0049】以上のように、本実施形態では、入射する光の偏光方向によりホログラム素子33の回折作用が異なることを利用したものである。

【0050】本実施形態でも、第1実施形態と同様に、ホログラム素子33に対する照明光の入射角度を大きく設定できるため、照明プリズム2の面2bと面2cとのなす角度を小さくすることができ、装置の小型化を図ることができる。

【0051】さらに、ホログラム素子33の回折作用により、ホログラム素子33への照明光1Sの入射角度が大きくても、反射型液晶表示素子43への照明光1Sの入射角度を小さくすることができる（反射型液晶表示素子43に対してほぼ垂直に入射させることができる）ため、反射型液晶表示素子43の入射角度依存性が高く

ても、表示画像のコントラストの低下を抑えることができる。

【0052】なお、本実施形態においては、照明プリズム2に入射する照明光1Sを紙面に垂直な偏光光（S偏光光）としたが、特にこれに限定されるものではない。紙面に平行な偏光光（P偏光光）を照明プリズムに入射させるように第1の偏光素子を変更し、ホログラム素子33や反射型液晶表示素子43、或いは第2の偏光素子9をそれに合わせた特性に換えるようにしてもよい。

【0053】但し、照明プリズム2の面2bでの反射において全反射条件が満たされないような領域がある場合には、その領域では一般にS偏光光の方がP偏光光よりも反射率が高いため、効率の点でS偏光光を使用する方が望ましい。

【0054】（第4実施形態）図5には、本発明の第4実施形態である画像表示装置を示している。図5において、上記各実施形態と同一の機能を有する構成要素にはこれら実施形態と同符号を付している。

【0055】本実施形態では、ホログラム素子34が照明プリズム2の面2cではなく面2b上に照明プリズム2と一体化されるように設けられている。このホログラム素子34は、図5の紙面に垂直な偏光光、すなわちホログラム素子34に入射するS偏光光に対して強い反射回折作用を及ぼし、これと直交する偏光であるP偏光の入射光に対してはほとんど回折作用を示さず透過させる特性を有している。

【0056】本実施形態の画像表示装置では、光源からの照明光1Sは第1の偏光素子8により図5の紙面に垂直な方向のS偏光光1Sのみとなり、照明プリズム2の面2aを透過する。その後、面2bを透過し、ホログラム素子34に入射する。ホログラム素子34は、前述のように、紙面に垂直なS偏光光に対して強い反射回折作用を持つため、S偏光光1Sは反射回折され、面2cを透過して反射型液晶表示素子43に入射する。

【0057】反射型液晶表示素子43で反射され、射出した画像光1SPは、照明プリズム2の面2c、2bを透過し、再度ホログラム素子34に入射する。この画像光1SPは反射型液晶表示素子43による変調を受け、各画素が表示すべき明るさに応じて偏光方向が回転した光であり、PおよびSの偏光成分を有している。

【0058】この画像光1SPのうち画像形成に寄与するP偏光成分は、ホログラム素子34による回折作用をほとんど受けないため、ホログラム素子34をそのまま透過し、第2の偏光素子9、プリズムレンズ5を経て、観察者の目6に到達する。

【0059】一方、画像光1SPに含まれるS偏光成分はホログラム素子34で反射回折されるか、ホログラム素子34を透過したとしても第2の偏光素子9で吸収されるため、プリズムレンズ5に入射することがなく、表示画像に影響を及ぼさない。

【0060】なお、ホログラム素子34でのS偏光光の反射作用が十分であれば、第2の偏光素子9は設けなくてもよい。

【0061】以上のように本実施形態は、ホログラム素子34を反射型のホログラム素子とし、入射する光の偏光方向によりその回折作用が異なることを利用したものである。

【0062】そして、ホログラム素子34は、図5に示すように、照明光の反射回折作用について、入射角 $\theta 3$ とその反射角 $\theta 4$ が、

$$|\theta 3| > |\theta 4| \quad \dots (2)$$

となるような特性を持っている。従って、照明プリズム2の面2bと面2cとのなす角度を小さくすることができ、装置の小型化を図ることができる。また、ホログラム素子34の反射回折作用により、ホログラム素子34への照明光1Sの入射角度が大きくても、反射型液晶表示素子43への照明光1Sの入射角度を小さくすることができる（反射型液晶表示素子43に対してへばほぼ垂直に入射させることができる）ため、反射型液晶表示素子の入射角度依存性によるコントラスト低下を防止できる。

【0063】なお、本実施形態は、上記第1～第3実施形態における照明プリズム2の面2bでの反射作用に代えてホログラム素子34による照明光の反射回折作用を利用することによる装置の小型化機能と、上記反射回折作用による反射型液晶表示素子43への照明光の入射角度の小角度化機能の双方を、1つの反射型のホログラム素子に併せ持たせたものである。

【0064】（第5実施形態）図6には、本発明の第5実施形態である画像表示装置を示している。図6において、上記各実施形態と同一の機能を有する構成要素にはこれら実施形態と同符号を付している。

【0065】本実施形態では、照明プリズム2を排し、ホログラム素子35のみが反射型液晶表示素子43と第2の偏光素子9の間に配置されている。ホログラム素子35は、第4実施形態のホログラム素子34と同様に、図6の紙面に垂直な偏光、すなわちホログラム素子35に入射するS偏光光に対してのみ強い反射回折作用を及ぼし、これと直交する偏光光であるP偏光光に対してはほとんど回折作用を示さず透過させる特性を有している。

【0066】つまり、ホログラム素子35の作用は基本的には第4実施形態のホログラム素子34と同じであり、光源からの照明光1は第1の偏光素子8で図の紙面に垂直なS偏光光1Sとなり、ホログラム素子35で反射回折を受けて反射型液晶表示素子43に入射する。

【0067】このとき、反射型液晶表示素子43へのS偏光光1Sの入射角 $\theta 3$ と反射角 $\theta 4$ の関係は、第4実施形態と同様に（2）式の関係満足している。

【0068】従って、ホログラム素子35と反射型液晶

表示素子43とのなす角度を小さくすることができ、装置の小型化を図ることができる。

【0069】反射型液晶表示素子43で反射され、射出した画像光1SPのうち画像形成に寄与するP偏光成分はホログラム素子35を透過し、第2の偏光素子9、プリズムレンズ5を介して観察者の目6に達する。

【0070】そして、ホログラム素子35の反射回折作用により、ホログラム素子35への照明光1Sの入射角度が大きくても、反射型液晶表示素子43への照明光1Sの入射角度を小さくすることができる（反射型液晶表示素子43に対してへばほぼ垂直に入射させることができる）ため、反射型液晶表示素子の入射角度依存性によるコントラスト低下を防止できる。

【0071】また、本実施形態では、上記各実施形態のような照明プリズムが必要ないため、照明プリズムの表面での反射による光量損失がなく、明るい画像を表示することができる。また、部品が少なくなり、製造コストも低減できる。

【0072】（第6実施形態）図7には、本発明の第6実施形態である画像表示装置を示している。図7において、上記各実施形態と同一の機能を有する構成要素にはこれら実施形態と同符号を付している。

【0073】本実施形態は、第3実施形態の変形例であり、狭い波長幅の光を発する発光ダイオード（LED）10と集光レンズ11とにより光源を構成している。そして、ホログラム素子36は、主としてLED10の発光波長幅に対して強い回折作用を示す特性を有している。

【0074】LED10からの照明光は集光レンズ11により略平行な光となり、第1の偏光素子8により図の紙面に垂直なS偏光光1Sのみとなる。その後は、第3実施形態と同様の光路をたどり、観察者は単色の表示画像を観察することができる。

【0075】本実施形態においては、照明光源として発光波長幅の狭いLEDを用いているため、ホログラム素子36としてはその波長幅の光のみを回折するように構成すればよい。このため、第3実施形態のものに比べて回折効率を高くすることが容易であり、明るい観察像が得られる。

【0076】（第7実施形態）図8には、本発明の第7実施形態である画像表示装置を示している。図7において、上記各実施形態と同一の機能を有する構成要素にはこれら実施形態と同符号を付している。

【0077】本実施形態は、第3実施形態の変形例であり、光源として、例えば赤、緑、青の3つの波長域の光を発する3つの発光部10R、10G、10Bを有するLED10が用いられている。これらの発光部10R、10G、10Bは時系列的に独立に点滅が可能である。また、ホログラム素子37は発光部10R、10G、10Bに対応した3つの層37R、37G、37Bを積層

した構造となっている。

【0078】本実施形態の画像表示装置では、LED 10の3つの発光部10R、10G、10Bからの照明光は、集光レンズ11により略平行な光となり、第1の偏光素子8により図の紙面に垂直なS偏光光1Sのみが面2aより照明プリズム2に入射する。そして、このS偏光光1Sは面2bで反射され、面2c上のホログラム素子37に達する。

【0079】ホログラム素子37を構成する3つの層37R、37G、37Bはそれぞれ、3つの発光部の10R、10G、10Bが発する光に対してのみ強い回折作用を持つような特性を有しており、例えば発光部10Rからの光がホログラム素子37に入射すると、この光はホログラム素子37の層37Rのみにより回折されて、他の層37G、37Bはそのまま透過し、反射型液晶表示素子43を照明する。他の発光部10G、10Bからの光も同様にホログラム素子37の層37G、37Bのみでそれぞれ回折され、反射型液晶表示素子43を照明する。

【0080】ホログラム素子37の各層は、波長幅の狭い各波長領域に対してのみ回折作用を持てばよいので、第6実施形態と同様に高い回折効率を得ることができる。

【0081】また、本実施形態では、反射型液晶表示素子43はLED 10の各波長域に対応する画像を所定間隔で時系列的に表示させ、それに同期して各発光部10R、10G、10Bを発光させて反射型液晶表示素子43を照明させるように制御する。これにより、所謂フィールドシーケンシャルによるフルカラー表示が可能となる。

【0082】なお、図8においては、3つの発光部10R、10G、10Bを紙面内に並べて配置しているが、紙面に垂直な方向に並べてもよい。また、集光レンズ11による光束の制御の点で、3つの発光部10R、10G、10Bはできるだけ近接している方が望ましく、3つの発光部が1つのパッケージに封入されているLEDが好適である。

【0083】一方、3つの発光部10R、10G、10Bとして個別のLEDを用いることも可能であるが、この場合は各LEDを配置する位置の差が大きくなり、照明効率の低下、不均一性、観察可能な瞳の減縮等の問題が生ずる可能性がある。しかし、本実施形態では、ホログラム素子37の3つの層37R、37G、37Bの特性を各発光部10R、10G、10Bの位置に応じて最適化することが可能であるので、こうした問題を回避し、高効率で均一性が高く、観察可能な瞳領域の広い照明が行なえる。

【0084】また、本実施形態では、ホログラム素子37として3つのホログラムを積層したものをを用いたが、必要とする光源の発光波長領域の全域にわたって十分な

回折作用を有していれば1つのホログラム素子で代用してもよい。また、ホログラムの作製時に多重露光を行うことにより、1つのホログラム素子に複数の波長領域に対応する特性を持たせることも可能である。

【0085】なお、上記第1～第7実施形態で用いられているホログラム素子は、ハロゲン化銀、重クロム酸ゼラチン、フォトリソマ等の感光材料を用い、一般的な方法で作製、複製されるものである。

【0086】(第8実施形態) 図9には、本発明の第8実施形態である画像表示装置を示している。図9において、上記各実施形態と同一の機能を有する構成要素にはこれら実施形態と同符号を付している。

【0087】本実施形態では、第3実施形態にて用いたホログラム素子に代えて、照明プリズム2の面2cに複屈折性回折光学素子12を近接又は一体化して設けている。

【0088】複屈折性回折光学素子12はレリーフ構造からなり、鋸歯状の断面形状の境界13を挟み、第1の層12-1と第2の層12-2とを有している。第1の層12-1は屈折率 n_1 の等方性材料からなり、第2の層12-2は、図の面内に偏光しているP偏光光に対して屈折率 n_1 を有し、これと直交するS偏光光に対する屈折率 n_2 を有する複屈折性材料から形成されている。

【0089】そして、屈折率 n_1 と屈折率 n_2 は、 $n_1 > n_2 \quad \dots (3)$

を満足している。

【0090】なお、第1の層12-1の材質を照明プリズム2と同一とし、照明プリズム2の面2c上に直接、鋸歯状形状を形成してもよい。このような構成とすると、成形金型により、照明プリズム2と鋸歯状形状を樹脂やガラスで同時に成形することができ、構成が簡略化され、製造上のコストが削減される。

【0091】本実施形態の画像表示装置では、光源からの照明光1は第1の偏光素子8により図の紙面に垂直な方向のS偏光光1Sのみとなり、照明プリズム2の面2aを透過し、面2bにより反射された後、面2c上に設けられた複屈折性回折光学素子12に入射する。

【0092】複屈折性回折光学素子12は、上記した構成を有するので、紙面に垂直な方向のS偏光光1Sに対しては、第1の層12-1と第2の層12-2の屈折率差があるため($n_1 - n_2 > 0$)、断面形状が鋸歯状の回折格子として作用し、入射した偏光光1Sは回折されて反射型液晶表示素子43に入射する。

【0093】このとき、複屈折性回折光学素子12の第1の層12-1に対するS偏光光1Sの入射角度(θ_1)とこの複屈折性回折光学素子12の回折作用を受けて透過するS偏光光1Sの反射型液晶画像表示素子43に対する入射角度(β)とは、第1実施形態と同様に上記(1)式を満足している。

【0094】反射型液晶表示素子43に入射した偏光光

1 Sは、同液晶表示素子4 3で反射され、画像光1 S Pとして射出する。画像光1 S Pは、反射型液晶表示素子4 3による変調を受け、各画素が表示すべき明るさに応じて偏光方向が回転した光であり、PおよびSの偏光成分を有している。この画像光1 S Pは再度、複屈折性回折光学素子1 2に達するが、複屈折性回折光学素子1 2はP偏光成分に対しては第1の層1 2-1と第2の層1 2-2の屈折率差がないため ($n_1 - n_1 = 0$)、回折作用を及ぼさず、入射した画像形成に寄与する偏光方向であるP偏光成分の光をそのまま透過する。

【0095】複屈折性回折光学素子1 2を透過したP偏光成分は、照明プリズム2の面2 c、2 b、第2の偏光素子9およびプリズムレンズ5を経て、他の実施形態と同様にして観察者の目6に到達する。

【0096】一方、画像光1 S Pに含まれるS偏光成分に対しては複屈折性回折光学素子1 2は、光が照明プリズム2側から入射した場合と同様に回折格子として作用するため、このS偏光は回折されて照明プリズム2の面2 cを透過した後、面2 bで反射されるか、または透過して第2の偏光素子9に達して吸収される。このため、プリズムレンズ5に入射することがなく、表示画像に影響を及ぼさない。

【0097】本実施形態にて用いる複屈折性回折光学素子1 2の格子のピッチと深さは、反射型液晶表示素子4 3に対し所定の角度で照明光を導くためのブレード条件から決定される。

【0098】また、複屈折性回折光学素子1 2としては、一次元構造のものに限らず、照明光の発散、収束状態に応じ、格子線が円弧状、楕円状、その他設計的に決定された二次元構造を有するものを用いてもよい。

【0099】さらに、本実施形態における複屈折性回折光学素子1 2は、上記(3)式の関係を前提としているが、2つ屈折率の大小関係および回折格子面の傾斜を本実施形態と逆にしても同様の作用効果を得ることができる。

【0100】また、第1の層を複屈折材料とし、第2の層を等方性材料とする構成も可能である。複屈折材料としては結晶を始め、液晶、液晶ポリマ、有機フィルム等が好適である。

【0101】(第9実施形態) 図10には、本発明の第9実施形態である画像表示装置を示している。図10において、上記各実施形態と同一の機能を有する構成要素にはこれら実施形態と同符号を付している。

【0102】本実施形態では、第4実施形態におけるホログラム素子に代えて、反射型複屈折性回折光学素子1 4を、照明プリズム2の面2 b上に設けたものである。

【0103】反射型複屈折性回折光学素子1 4は、第8実施形態における複屈折性回折光学素子1 2と同様に、鋸歯状の断面形状の境界1 5を挟み、第1の層1 4-1と第2の層1 4-2とを有している。

【0104】第1の層1 4-1は屈折率 n_3 の等方性材料からなり、第2の層1 4-2は図の面内に偏光しているP偏光光に対して屈折率 n_3 を、これと直交するS偏光光に対して屈折率 n_4 を有する複屈折性材料から形成されている。そして、屈折率 n_3 と屈折率 n_4 は、 $n_3 > n_4 \dots (4)$

の関係を有している。

【0105】本実施形態の画像表示装置では、光源からの照明光1は第1の偏光素子8により図10の紙面に垂直な方向のS偏光光1 Sのみとなり、面2 aより照明プリズム2に入射した後、面2 bを透過し、反射型複屈折性回折光学素子1 4に入射する。

【0106】図11にはこのとき状態を詳述するために、図10の破線で囲まれたB部を拡大して示している。図11において、反射型複屈折性回折光学素子1 4の2つの層1 4-1、1 4-2の境界1 5の格子斜面对する光の入射角を θ_5 とすると、この θ_5 は n_3 、 n_4 に関して、 $\theta_5 \geq \sin^{-1} (n_4 / n_3) \dots (5)$

の条件を満たしている。

【0107】式(5)は反射型複屈折性回折光学素子1 4の2つの層1 4-1、1 4-2の境界の格子斜面1 5での全反射条件であり、図10において、この条件を満たして反射型複屈折性回折光学素子1 4に入射したS偏光光S 1は格子斜面で全反射作用および回折作用を受け、照明プリズム2の面2 b、2 cを経て反射型液晶表示素子4 3に入射する。

【0108】ここで、反射型複屈折性回折光学素子1 4の第1の層1 4-1に入射するS偏光光S 1の入射角度を θ_3 とし、反射型複屈折性回折光学素子1 4から反射型液晶表示素子4 3に入射するS偏光光S 1の入射角度を θ_4 とすると、これらは第4実施形態と同様に、上記(2)式を満たしている。

【0109】反射型液晶表示素子4 3で反射され、射出した画像光1 S Pは、照明プリズム2の面2 c、2 bを透過し、再度、反射型複屈折性回折光学素子1 4に達する。この画像光1 S Pは反射型液晶表示素子4 3による変調を受け、各画素が表示すべき明るさに応じて偏光方向が回転した光であり、PおよびSの偏光成分を有している。

【0110】この画像光1 S Pのうち画像形成に寄与するP偏光成分に対しては、反射型複屈折性回折光学素子1 4の2つの層1 4-1、1 4-2は同一の屈折率 n_3 の媒質であるので、境界面をそのまま透過する。その後、第2の偏光素子9、プリズムレンズ5を経て、他の実施形態と同様にして観察者の目6に達する。

【0111】一方、画像光1 S Pに含まれるS偏光成分は、反射型複屈折性回折光学素子1 4により再び全反射され面2 aに向かうか、反射型複屈折性回折光学素子1 4を透過して第2の偏光素子9により吸収されるため、

プリズムレンズ5に入射することがなく、表示画像に影響を及ぼさない。

【0112】なお、本実施形態の反射型複屈折性回折光学素子14の格子のピッチと深さは、反射型液晶表示素子43に対し所定の角度で照明光を導くためのブレード条件から決定される。また、反射型複屈折性回折光学素子14の第1の層14-1の材質を照明プリズム2と同一とし、照明プリズムの面2b上に直接、鋸歯状形状を形成してもよい。このような構成とすると、成形金型により、照明プリズム2と鋸歯状形状を樹脂やガラスで同時に成形することができ、構成が簡略化され製造上のコストが削減される。

【0113】さらに、図12に示すように、本実施形態の反射型複屈折性回折光学素子14と同様の機能を有する素子16を、照明プリズム2を用いず、単独で反射型液晶表示素子43と第2の偏光素子9の間に配置してもよい。

【0114】(第10実施形態)図13には、本発明の第10実施形態である画像表示装置を示している。図13において、上記各実施形態と同一の機能を有する構成要素にはこれら実施形態と同符号を付している。

【0115】本実施形態は、第4実施形態におけるホログラム素子に代えて、反射型回折光学素子17を、照明プリズム2の面2b上に設けたものである。

【0116】反射型回折光学素子17は、図13に示すように、鋸歯状の断面形状の第1の層17-1と第2の層17-2がわずかの間隙18をおいて配置されたものである。第1の層17-1と第2の層17-2とは同一の屈折率 n_5 を有している。

【0117】本実施形態の画像表示装置では、光源からの照明光1は第1の偏光素子8により図13の紙面に垂直な方向のS偏光光Sのみとなり、面2aより照明プリズム2に入射した後、面2bを透過し、反射型回折光学素子17に入射する。

【0118】図14には、このときの状態を詳述するために図13の破線で囲まれたC部を拡大して示している。図14において、反射型回折光学素子17の第1の層17-1の格子斜面18-1に対する光の入射角を θ_6 とすると、 θ_6 は屈折率 n_5 に関して、 $\theta_6 \geq \sin^{-1}(1/n_5) \dots (6)$ の条件を満たしている。

【0119】式(6)は反射型回折光学素子17の第1の層17-1の格子斜面18-1での全反射条件であり、この条件を満たして入射したS偏光光Sは図13に示すように格子斜面で全反射作用および回折作用を受けて、照明プリズム2の面2b、2cを経て反射型液晶表示素子43に入射する。

【0120】ここで、反射型回折光学素子17の第1の層17-1に入射するS偏光光Sの入射角度を(θ_3)とし、反射型回折光学素子17から反射型液晶表示

素子43に入射するS偏光光Sの入射角度を(θ_4)とすると、これらは第4実施形態と同様に、上記(2)式を満たしている。

【0121】反射型液晶表示素子43で反射され、射出した画像光1SPは、照明プリズム2の面2c、2bを透過し、再度、反射型回折光学素子17に達する。このとき、図14に示すように、画像光1SPが反射型回折光学素子17の第1の層17-1の格子斜面18-1に入射する際の角度は前記 θ_6 より小さい値 θ_7 となり、もはや全反射条件は満たさない。つまり、 $\theta_7 < \sin^{-1}(1/n_5) \dots (7)$

の関係となっている。

【0122】従って、画像光1SPは反射型回折光学素子17で反射されることなくそのまま透過し、反射型回折光学素子17の第2の層17-2、第2の偏光素子9、プリズムレンズ5を経て、他の実施形態と同様に観察者の目6に達する。

【0123】なお、本実施形態における反射型回折光学素子17の格子のピッチと深さは、反射型液晶表示素子43に対し所定の角度で照明光を導くためのブレード条件から決定される。また、反射型回折光学素子17の第1の層17-1の材質を照明プリズム2と同一とし、照明プリズムの面2b上に直接、鋸歯状形状を形成してもよい。このような構成とすると、成形金型により、照明プリズム2と鋸歯状形状を樹脂やガラスで同時に成形することができ、構成が簡略化され製造上のコストが削減される。

【0124】さらに、本実施形態の反射型回折光学素子17は、第9実施形態の変形例を示す図12に示すものと同様に、照明プリズム2を用いずに単独で反射型液晶表示素子43と第2の偏光素子9の間に配置するようにしてもよい。

【0125】また、本実施形態では、画像表示手段として反射型液晶表示素子43を用いた場合について説明したが、第1実施形態と同様に、偏光光を用いない反射型光変調素子を用いてもよい、この場合、偏光素子8、9は不要である。

【0126】(第11実施形態)図15には、本発明の第11実施形態である画像表示装置を示している。図15において、上記各実施形態と同一の機能を有する構成要素にはこれら実施形態と同符号を付している。

【0127】本実施形態は、第4実施形態におけるホログラム素子に代えて、反射型偏光選択性回折光学素子19を、照明プリズム2の面2b上に一体化されるように設けたものである。

【0128】反射型偏光選択性回折光学素子19は、第1の層19-1と第2の層19-2とを有し、その境界面20は鋸歯状の断面形状をなしている。境界面20には、図15の紙面内に偏光したP偏光光を透過し、これと直交するS偏光光を反射する偏光選択性の層が形成さ

れている。

【0129】本実施形態の画像表示装置では、光源からの照明光1は、第1の偏光素子8により図15の紙面に垂直な方向のS偏光光1Sのみとなり、面2aより照明プリズム2に入射した後、面2bを透過し、反射型偏光選択性回折光学素子19に達する。

【0130】反射型偏光選択性回折光学素子19の2つの層19-1、19-2の境界面20には、前述の通り、紙面に垂直なS偏光光に対して反射回折作用をもつ層が形成されているため、入射したS偏光光1Sは強い反射回折作用を受け、面2b、2cを経て反射型液晶表示素子43に入射する。

【0131】ここで、反射型偏光選択性回折光学素子19の第1の層19-1に入射するS偏光光S1の入射角度を($\theta 3$)とし、反射型偏光選択性回折光学素子19から反射型液晶表示素子43に入射するS偏光光S1の入射角度を($\theta 4$)とすると、これらは第4実施形態と同様に、上記(2)式を満たしている。

【0132】反射型液晶表示素子43で反射され、射出した画像光1SPは、照明プリズム2の面2c、2bを透過し、再度、反射型偏光選択性回折光学素子19に達する。この画像光1SPは反射型液晶表示素子43による変調を受け、各画素が表示すべき明るさに応じて偏光方向が回転した光であり、PおよびSの偏光成分を有している。

【0133】画像光1SPのうち画像形成に寄与するP偏光成分は、反射型偏光選択性回折光学素子19の境界面20をそのまま透過するため、第2の偏光素子9、プリズムレンズ5を経て、他の実施形態と同様に観察者の目6に達する。

【0134】一方、画像光1SPに含まれるS偏光成分は、反射型偏光選択性回折光学素子19の境界面20で反射回折された後、プリズムレンズの面2b、2aを経て外部に射出するため、プリズムレンズ5に入射することがなく、表示画像に影響を及ぼさない。

【0135】本実施形態における反射型偏光選択性回折光学素子19の格子のピッチと深さは、反射型液晶表示素子43に対し所定の角度で照明光を導くためのブレード条件から決定される。また、反射型偏光選択性回折光学素子19の第1の層19-1の材質を照明プリズム2と同一とし、照明プリズムの面2b上に直接、鋸歯状形状を形成してもよい。このような構成とすると、成形金型により、照明プリズム2と鋸歯状形状を樹脂やガラスで同時に成形することができ、構成が簡略化され製造上のコストが削減される。

【0136】さらに、本実施形態の反射型偏光選択性回折光学素子19は、第9実施形態の変形例を示す図12のものと同様に、照明プリズム2を用いずに単独で反射型液晶表示素子43と第2の偏光素子9の間に配置してもよい。

【0137】以上、本発明の実施形態について説明してきたが、それぞれの実施形態において、各光学要素の光が透過する面に対して誘電体の膜を蒸着、スパッタ等の方法で形成したり、溶液をディッピング、スピン、スプレー等の方法で塗布したり、或いは使用する光の波長以下の微細構造を表面に設ける等により、適宜反射防止処理を施してもよい。また、光学的な作用を持たない面に対しては光吸収性の塗料を塗布して不要な反射光、散乱光を除去することが望ましく、必要に応じ不要な光を遮断する部材を光路に挿入、配置してもよい。

【0138】さらに、上記各実施形態においては、観察者に画像を視認させるための投写光学系としてプリズムレンズ5を用いた場合について説明したが、本発明においてはこれに限らず、プリズムレンズ以外のレンズや回折光学素子、反射部材、拡散部材等の他の光学系を用いてもよい。また、画像表示手段からの光を少なくとも1度結像してから観察者に導く方式、観察者の眼球に直接投影する方式等を用いてもよい。

【0139】また、本発明の画像表示装置は、観察者の単眼に像を導くものであってもよいし、両眼に像を導くものであってもよい。また、画像表示手段および各光学系の配置は、観察者の視軸回りの回転方向において任意である。

【0140】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、導光光学系のうち、光源から反射型画像表示素子に至る照明光が通り、かつ反射型画像表示素子から投写光学系に至る画像光が通る領域に、微細な周期構造を有して照明光および画像光に及ぼす光学的作用が異なる光学素子を配置しているので、導光光学系において簡単な構成で効率良く反射型画像表示素子を照明するための照明光の制御を行うことができ、この結果、投写光学系を通じて高品位の画像表示を行うことができる。

【0141】しかも、上記光学素子を含む導光光学系内にて光源からの照明光を反射させて反射型画像表示素子に導くようにすれば、反射型画像表示素子と投写光学系の入射面との傾き(距離差)を小さくすることができ、小型で像性能が良好な画像表示装置を実現することができる。

【0142】また、上記のような光学素子を用いることにより、光学素子への照明光の入射角度にかかわらずこの光学素子から反射型画像表示素子への照明光の入射角度を容易に制御できるため、入射角度依存性の高い反射型画像表示素子を用いる場合でも表示画像のコントラスト低下を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態である画像表示装置の構成図。

【図2】上記第1実施形態の画像表示装置の部分拡大図。

【図3】本発明の第2実施形態である画像表示装置の構成図。

【図4】本発明の第3実施形態である画像表示装置の構成図。

【図5】本発明の第4実施形態である画像表示装置の構成図。

【図6】本発明の第5実施形態である画像表示装置の構成図。

【図7】本発明の第6実施形態である画像表示装置の構成図。

【図8】本発明の第7実施形態である画像表示装置の構成図。

【図9】本発明の第8実施形態である画像表示装置の構成図。

【図10】本発明の第9実施形態である画像表示装置の構成図。

【図11】上記第9実施形態の画像表示装置の部分拡大図。

【図12】上記第9実施形態の画像表示装置の変形例を示す構成図。

【図13】本発明の第10実施形態である画像表示装置の構成図。

【図14】上記第10実施形態の画像表示装置の部分拡大図。

【図15】本発明の第11実施形態である画像表示装置の構成図。

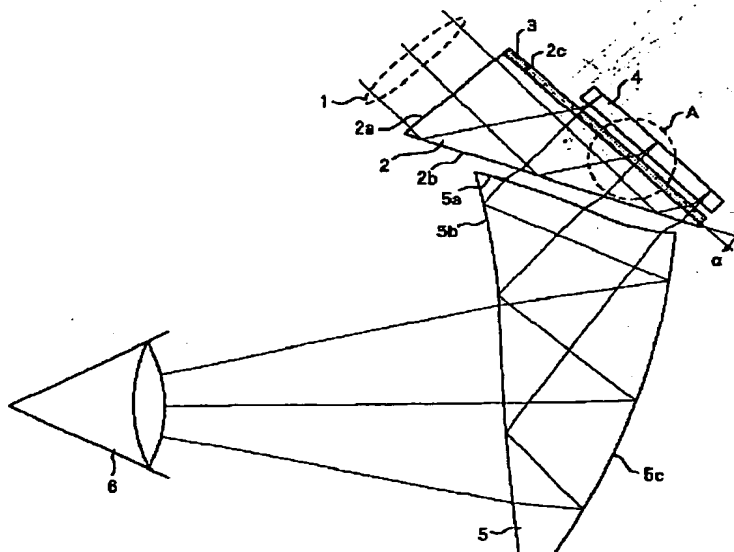
【図16】従来の画像表示装置の構成図。

【図17】従来の画像表示装置の構成図。

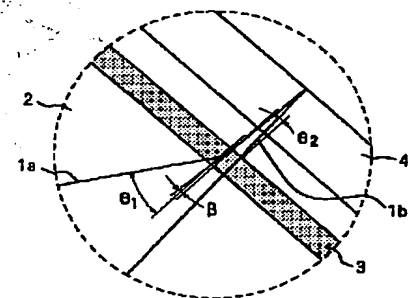
【符号の説明】

- 1 照明光
- 2 照明プリズム
- 3 ホログラム素子
- 4 反射型光変調素子
- 5 プリズムレンズ
- 6 観察者の目
- 7 偏光素子
- 8 第1の偏光素子
- 9 第2の偏光素子
- 10 発光ダイオード (LED)
- 11 集光レンズ
- 12 複屈折性回折光学素子
- 13 鋸歯状断面形状の境界
- 14, 17 反射型複屈折性回折光学素子
- 15 鋸歯状断面形状の境界
- 17 反射型回折光学素子
- 18 間隙
- 19 反射型偏光選択性回折光学素子
- 20 鋸歯状断面形状の境界
- 32~37 ホログラム素子
- 42, 43 反射型液晶表示素子
- 101 光源
- 102 反射型液晶ディスプレイパネル
- 103 偏心光学系

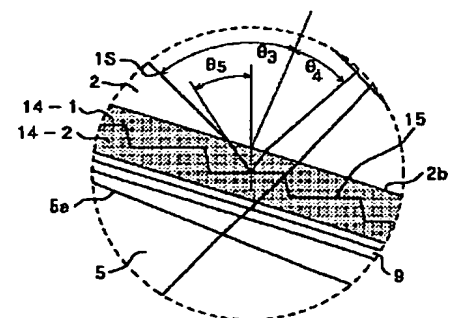
【図1】



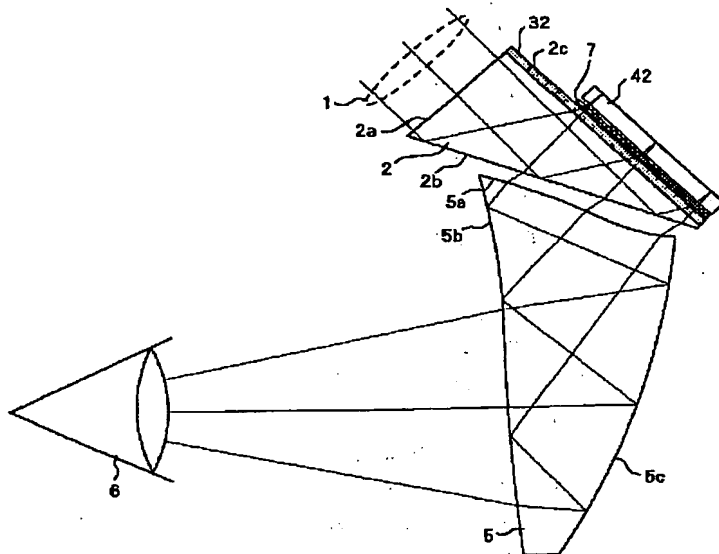
【図2】



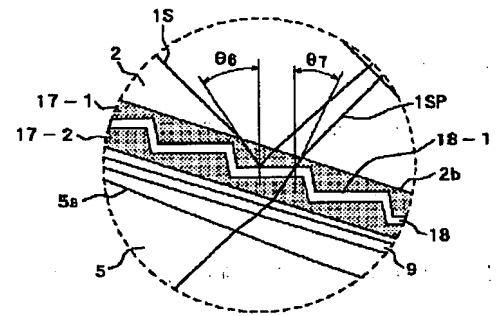
【図11】



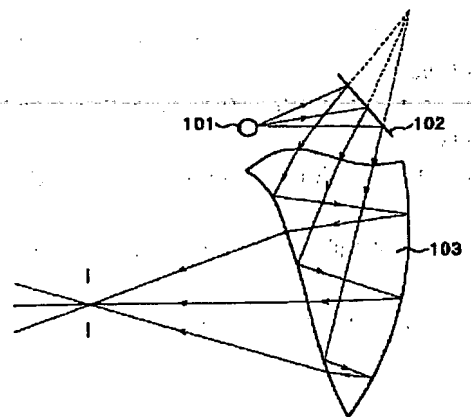
【図3】



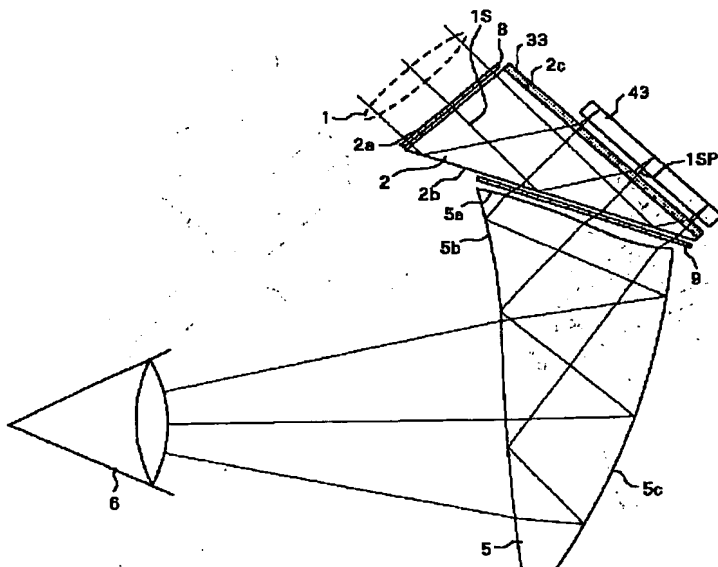
【図14】



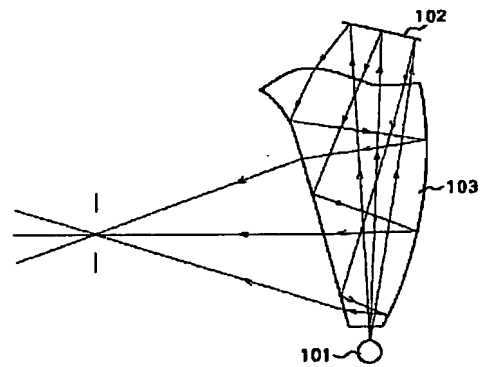
【図16】



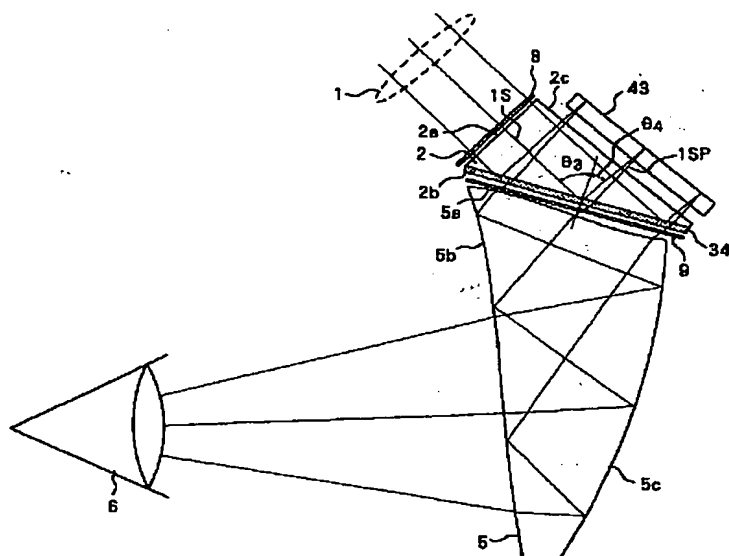
【図4】



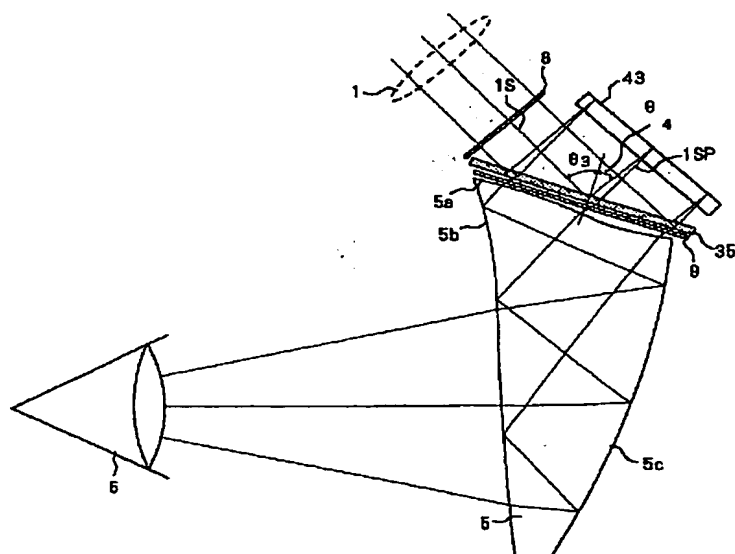
【図17】



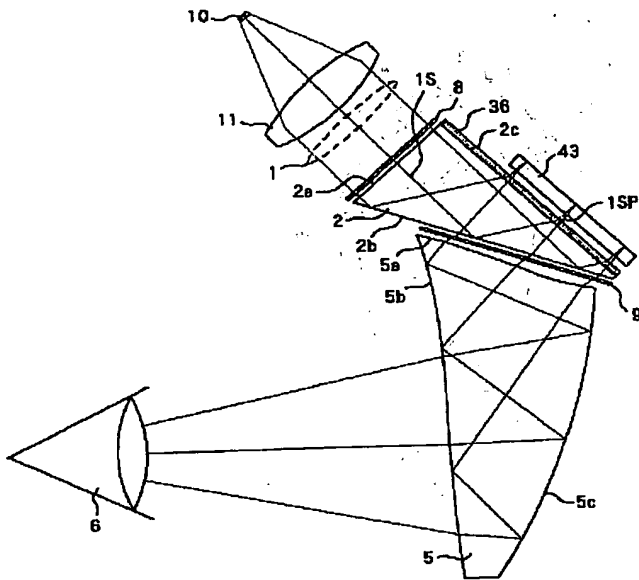
【図5】



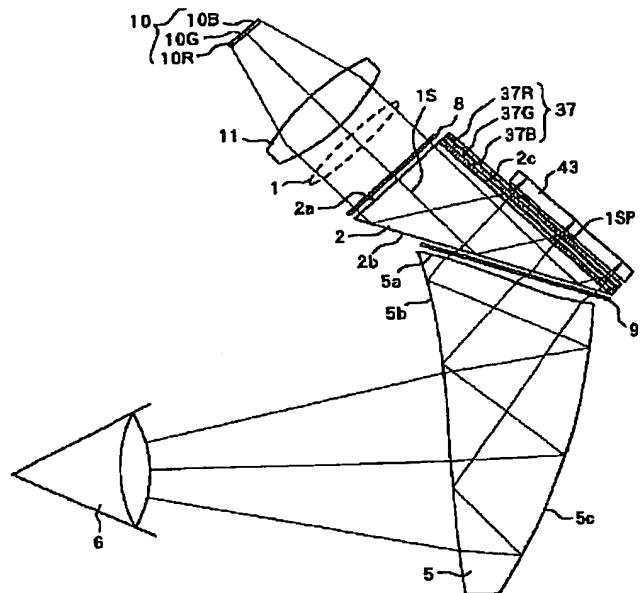
【図6】



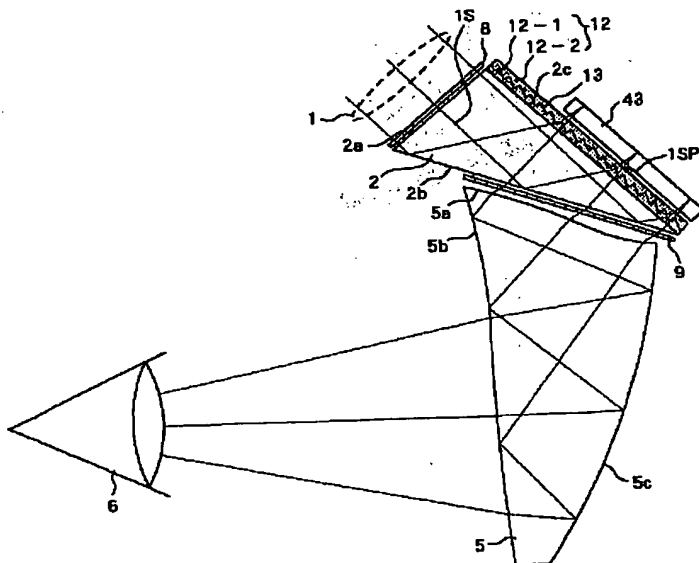
【図7】



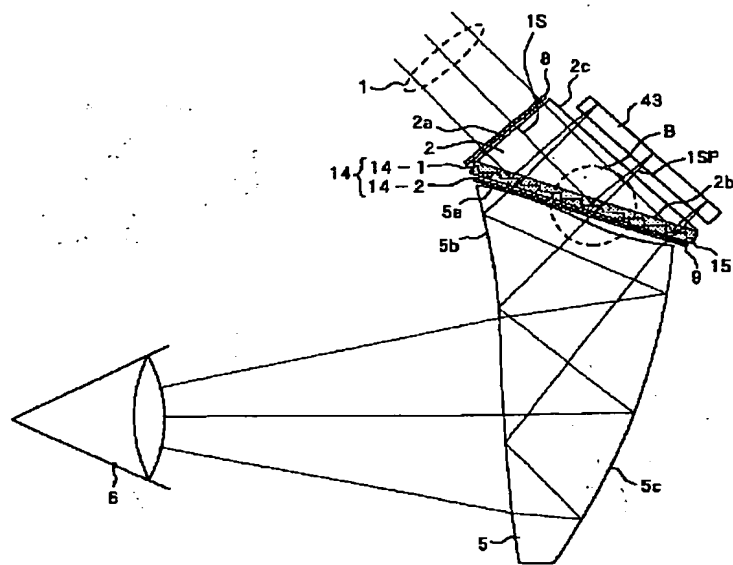
【図8】



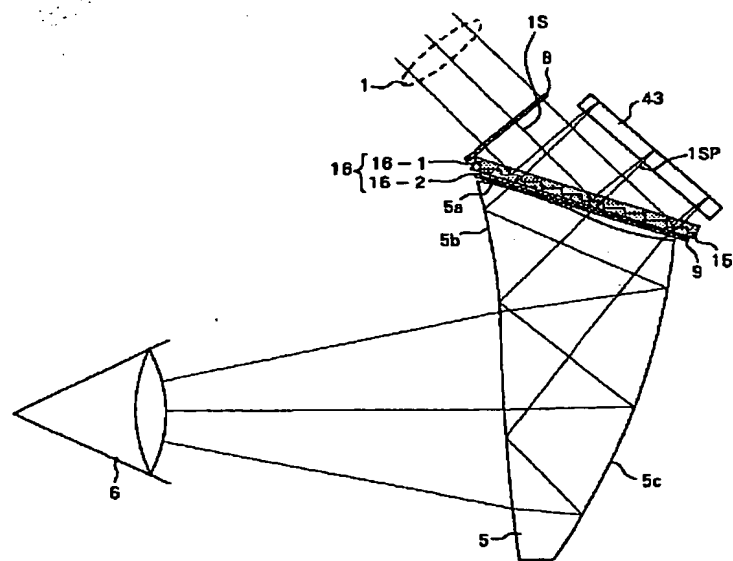
【図9】



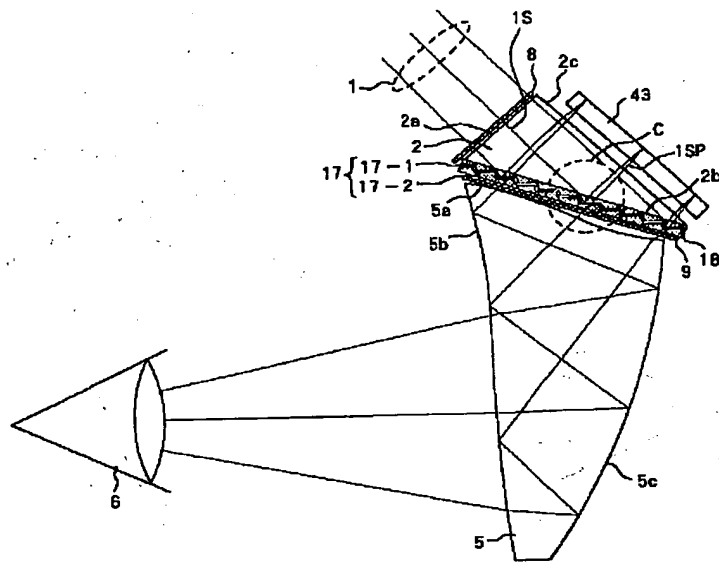
【図10】



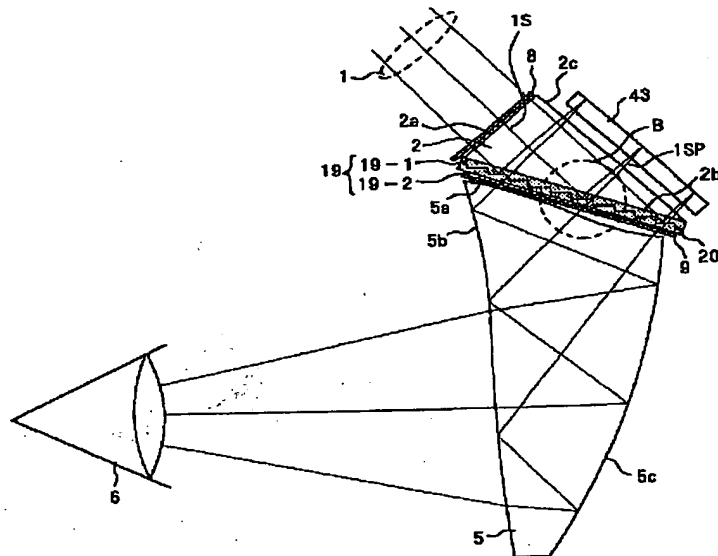
【図12】



【図13】



【図15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.7

識別記号

F I

テ-マ-ト(参考)

G 0 2 B 25/00

G 0 2 B 25/00

Z

G 0 2 F 1/13

5 0 5

G 0 2 F 1/13

5 0 5

G 0 3 B 21/00

G 0 3 B 21/00

D

G 0 3 H 1/02

G 0 3 H 1/02

G 0 9 F 9/00

3 5 8

G 0 9 F 9/00

3 5 8

H 0 4 N 5/64

5 1 1

H 0 4 N 5/64

5 1 1 A

Fターム(参考) 2H049 AA03 AA07 AA43 AA45 AA63
BA02 BA05 BB03 BB62 CA01
CA09 CA22 CA30
2H087 KA00 LA12 LA24 RA41 RA43
RA45 RA46 TA01 TA04 TA06
2H088 EA10 HA18 HA21 HA22 HA23
HA24 HA28 MA01 MA02 MA20
2K008 AA10 BB06 DD12 DD15 DD22
EE07 FF17 HH03 HH11 HH20
5G435 AA02 AA18 BB12 BB16 CC09
DD04 DD11 EE22 FF02 FF03
FF05 FF08 FF11 FF12 GG01
GG03 GG23 GG26 GG27 GG28
HH02 LL03 LL08

THIS PAGE BLANK (USPTO)